

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-072262

(43)Date of publication of application : 12.03.2002

---

(51)Int.Cl. G02F 1/35  
H01S 3/131  
H01S 3/30  
H04B 10/17  
H04B 10/16

---

(21)Application number : 2000-255291

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 25.08.2000

(72)Inventor : HAYASHI ETSUKO  
TANAKA TOMOTO  
SUGAYA YASUSHI  
ONAKA YOSHINORI

---

## (54) OPTICAL AMPLIFIER

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a control algorithm to broaden a frequency band using a plural exciting light wavelengths or excitation light sources when performing Raman amplification, and also to simply perform a constant output power control, a constant gain control, and a wavelength characteristic flattening control so that the wavelength characteristic is flattened or has a specific gradient.

SOLUTION: This invention permits a wavelength characteristic deviation control between the output power and a gain, the constant output control, and the constant gain control using a simple control algorithm by breaking exciting light generation means into blocks, and dividing an input/output monitoring wavelength frequency band of signal light into the number of the blocks of the exciting light generation means or more and not more than the number the signal channels to monitor the signal light.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office







出力モニタブロックのブロック1、出力モニタブロックのブロック2、出力モニタブロックのブロック3の平均出力パワー差分を示している。未々の傾きがA、A'である。

$$\begin{bmatrix} \Delta P_{p1} \\ \Delta P_{p2} \\ \Delta P_{p3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta P_{s1} \\ \Delta P_{s2} \\ \Delta P_{s3} \end{bmatrix}$$

図6(a)に示すように信号光出力の波長特性が大きな信号光スベクトルの場合の出力モニターブロックのブロック1、ブロック2、ブロック3の平均出力は図中の太い線で、全波長帯域の平均出力を $P_0$ として破線で示している。

る。波長多重出力の波長特性間差を小さくすることは、図6(b)に示すように出力モニタブロック1、ブロック2、ブロック3の平均出力 $P_{\text{avg1}}$ 乃至 $P_{\text{avg3}}$ の平均出力 $P_{\text{avg}}$ と波長多重出力 $P_{\text{out}}$ の差分(チャート)を小さく抑えるには、上式を減らすように励起光源ブロック6-1乃至6-3の励起光の出力 $P_{\text{ex1}}$ 乃至 $P_{\text{ex3}}$ の補正値を $DP_{\text{ex1}}$ 、 $DP_{\text{ex2}}$ 、 $DP_{\text{ex3}}$ を下記から算出すればよい。

20 【式5】

$$\Delta P_{i1} = |P_f - P_{i1}|$$

✱

$$\begin{bmatrix} \Delta P_{p1} \\ \Delta P_{p2} \\ \Delta P_{p3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P_{s1} \\ \Delta P_{s2} \\ \Delta P_{s3} \end{bmatrix}$$

[illegible]

ために必要な各励起光源ブロックの励起波長が各ニタ  
ブロックの波長に対して及ぼす影響を重み付けした励起光  
の平均出力パワーと差分を上記の式(5)より計算し、各励  
起光源ブロックより出力される励起光のパワーを制御す  
れば良い。そして、所定の波長特性偏置値が得られるこ  
うな制御処理を行なうことで、励起光により生じらな  
うな制御処理を行なうことと、励起光により生じらな

ステップ4として、 $\Delta P_{S1}$ 乃至 $\Delta P_{S3}$ とP0の差分が、許容  
範囲内の場合は動作を止めるステップ7へ、許容範囲外の  
場合は次のステップ8に行く。

ステップ5として、 $\Delta P_{S1}$ 乃至 $\Delta P_{S3}$ より各励起光が各そ  
ニタブロックに及ぼす平均相関係数AMJ乃至A33の逆行列  
を用いて励起光源ブロックの入力 $p_i$ 乃至 $a_i p_0$ のパワーレベ  
ル $P_{Pi}$ 乃至 $P_{Pa}$ の制御量 $\Delta P_{Pi}$ 乃至 $\Delta P_{Pa}$ を求める。

に利得成長帯域の平均パワーを一定のパワープロの値にすることができ、図3の構成に於いて、周起射制御部8はCH等のプロセッサにより図4のフローにより制御することである。

50 図3では一例として、励起光源ブロックを3つブロックと

より、励起光強度プロックから励起光により生じる利得を得るために、励起光の波長帯域は必要に応じて任意に設定することができ、励起光強度プロックとモニタプロックの数を任意の数に設定した場合を図8に示す。図中、励起光プロックの波長を $n$ 個 ( $6-17\text{nm}$ 至 $0-n$ )、波長多重のモニタプロックを構成する波長帯域の波長帯域を図9に示し、波長分離特性が異なる波長の波長多重のモニタプロックに分ける。

励起光パワー制御の変動量は $n \times 1$ の行列となり、モニタプロック内の、波長多重パワーの平均値と目的とする側面値との差分は $m \times 1$ の行列となり、 $A$ は $n \times m$ の行列となる。

【式6】

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 & \Delta P_2 & \Delta P_3 \\ \Delta P_1 & \Delta P_2 & \Delta P_3 \\ \Delta P_1 & \Delta P_2 & \Delta P_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \lambda_{13} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \lambda_{23} \\ \lambda_{31} & \lambda_{32} & \lambda_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \Delta P_2 \\ \Delta P_3 \end{bmatrix}$$

この場合のDP、は、扇起源のブロックの平均出力パワーの変動量、またDP、は、信号モニタブロックの平均出力パワーの変動量である。変動量を用いているので、モニタ出力パワーを主信号出力パワーに変換する必要はない。DP、に伴うDP、を求めるとは[A]の逆行列[A]

【式7】

$$\begin{bmatrix} \Delta P_{s_1} \\ \Delta P_{s_2} \\ \vdots \\ \Delta P_{s_n} \end{bmatrix} = A^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P_{p_1} \\ \Delta P_{p_2} \\ \vdots \\ \Delta P_{p_m} \end{bmatrix}$$

となり各ブロック間の平均出力パワーの隔差を小さくすることには、信号光出力パワーの波長特性の平坦化を行うこととなる。第1の実施形態では、マルチブロックとモノリシックな構成で成り立つ超光光源ブロックとモニタブロック数は任意に構成でき、モニタブロック数の数は波長多重重に多量である信号光チャンネル数以下とし、超光光源ブロック化数以上とすることが望ましい。図3の構成にて、具体的構成を図10に示す。図中24、25はPMDMカプラー、6乃至63は偏光合成カプラー、5乃至56はパルスグレーティングフィルタ、8乃至88は半導体レーザをそれぞれ示す。超光光源ブロック6、6乃至63は2つの偏光成分が波長の異なる半導体レーザ8、8乃至88をそれぞれ含む合わせ、88の組み合わせたものをそれぞれ構成し、84の組み合わせた85、86の組み合わせの波長をそれぞれ合わせる。

間隔は約4 nm)

クワリタルズ8乃至86からの光はファイバグレーティング構造のレーザ8乃至86でそれぞれ特定の波長（この例では1429, 7nm, 1433, 7nm, 1454, 0nm, 1484, 5nm, 1488, 5nmの名波長）で半導体レーザ8乃至86にそれぞれ反対して半導体レーザ8乃至86とファイバグレーティング構造のレーザ8乃至86で共振構造を取り特定の波長の励起光を出力する。各励起光源2-6の2つの感成波は偏光波構成カブラ6の出力となる。偏成合成は、合波カブラ4は偏成変更依存性を解消するためである。合波カブラ4は偏成カブラ7, 4, 25で構成されている。WGMカブラ25は励起光源ブロック6-2からの波長の光を反射して、励起光源ブロック6-2からの波長を通して特性を有している。WGMカブラ4は励起光源ブロック6-1からの波長の光を反射して、励起光源ブロック6-2、励起光源ブロック6-3からなる波長を通して特性を有している。図10に示しているのは、励起光源ブロック内の半導体レーザとファイバグレーティングの中心は偏成が異なる光を出力していることが同じ波長の光としても良い。また、励起光源ブロックの光は必ずしも複量半導体レーザで構成する必要はなく、偏光無依存の励起光源等を用いる場合は単一の光源であっても良い。第1実施例では目標とする波長多量も出さずして、全ての波長帯域の平均パワーが出力一定以上に制御しているため、全ての波長帯域においてパルス

[illegible]

ルタである。受光素子 $U_1$ 乃至 $U_n$ は、それぞれ、モニタプロ  
ツクに夫々対応して設け、各モニタプロツクの光パルスを  
電気信号に変換する。波長分離カプラで分離したモニタ  
プロツクの平均波長を $\lambda_1$ 、の平均出力パワーを $P_1, \dots,$   
モニタプロツクの平均波長を $\lambda_n$ 、2の平均出力パワーを $P_n$

.....、モニタプロットの平均波長を $\lambda_1$ の、プロット2の平均出カパワーを $P_1, \dots$ とする。その後、主信号光は後述の方面起きたいラマン増幅媒体に入射される。同じ光線プロットから乃至その増100のように構成されても良いし、第1の実験例と同様のさまざまな構成で実現可能である。増幅媒体1で増幅された信号はその後、10対1の分枝カプラー $3$ で分枝され、その1/100ポートで信号光出

[illegible]

$$\begin{bmatrix} \Delta G_1 \\ \Delta G_2 \\ \Delta G_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta P_{p1} \\ \Delta P_{p2} \\ \Delta P_{p3} \end{bmatrix}$$

目的とする利得レベルを全波長帯域の平均利得 $q_0$ とし、各モニタロープの平均利得を $q_1, q_2, q_3$ とし、 $q_4$ と $q_5$ の差分を $Dq_4, q_4$ と $q_5$ の差分を $Dq_5$ とする。

$$\Delta G_1 = |G_1 - G_2|$$

$\lambda$  を  $\rho_1$  とする。屈折率制御部8で受光素子7より至る3  
 び11乃至11-からのモニタ光により利用が所定の  
 なるように制御する。図14における具体的な制御部8の  
 動作の説明を以下に述べる。各モニタ光の平均  
 得、 $\lambda$ 、 $\lambda$ は増幅媒体で増幅した波長多重光の平均  
 長分散 $\lambda$ より分離して受光素子7より至り得た $\rho_1$   
 $\rho_2$ 、 $\rho_3$ 、 $\lambda$ より入力ポート側の波長分散 $\lambda$ 10で  
 離して受光素子11より至る3で得た $\rho_{m1}$ 、 $\rho_{m2}$ 、 $\rho$   
 $\rho_3$ を引くことにより得られる。

$$G_1 = P_{s1} - P_{in\_s1}$$

各モニタワロツクの顔起光平均出力パワーと各モニタ  
ワロツクの波長光平均利得は各モニタワロツクの平均利  
得係で結び付けることのでき、顔起光平均出力パワー  
 $P_{\text{out}}$ 、信号光平均出力パワーの変動量を  $\Delta P$ 、平  
均利得係数を  $A$  とすると、

$$\Delta G = A \cdot \Delta P_p$$

となる。実施例1で使用した(A)は励起光平均出力パワーの信号光平均出力パワーの傾きを示しているの、こで定義する利得AC対しても同様に下記の関係が成立す。

$$\begin{bmatrix} A_{13} \\ A_{23} \\ A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta P_{p1} \\ \Delta P_{p2} \\ \Delta P_{p3} \end{bmatrix}$$

金波長帯域で利得波長個差(チャルト)を小さく抑えるは、各モニタフロ、ク間の平均利得を揃えて全波長帯の平均利得 $g_0$ と一致するように制御すれば良い。ここで、 $g_0$ は利得を一定にするための予め定めた値として、全ての波長が定めた利得に一定に制御できる。

$$[\text{式}12] \quad \Delta G_1 \approx \Delta G_2 \approx \Delta G_3$$

従って、式1を用いて式13から $DP_{s1}$ 、 $DP_{s2}$ 、 $DP_{s3}$ を出すればよい。

【式13】

$$\begin{bmatrix} \Delta P_{p1} \\ \Delta P_{p2} \\ \Delta P_{p3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} \\ A_{21} \\ A_{31} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P_{p1} \\ \Delta P_{p2} \\ \Delta P_{p3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta G_1 \\ \Delta G_2 \\ \Delta G_3 \end{bmatrix}$$

利用め各ニセタラフの彼長に及ばず影響を蒙り得るやをさくくするに依り、尙起程に願ふヤトによるべきの點を以て、必要なる起程の平均出月差分を計算し、セニタラフの勵むが滋生手段を制御する働きをしている。ラマツ光利用傳習の各セニタラフの利用の彼長特性を生ぜぬべく、圖13に勵むが生長の順序のラマツ光の制御を示す。

$$\begin{aligned} G_1 &= P_{,1} - P_{ln,1} \\ G_2 &= P_{,2} - P_{ln,2} \\ &\vdots \\ G_m &= P_{,m} - P_{ln,m} \end{aligned}$$

スチックとして、光増幅媒体の出力側に設けた波長分離カプラーの各セクタロウクのパワーPS1乃至PS3より入力側に設けた波長分離カプラーの各セクタロウクのバ

$$\begin{pmatrix} \Delta G_1 \\ \Delta G_2 \\ \vdots \\ \Delta G_n \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \Delta p_1 \\ \Delta p_2 \\ \vdots \\ \Delta p_n \end{pmatrix}$$

乃至  $G_2$  を求める。  
 ステップ3として: 目標とする利得  $g$  とモニタリング内  
 の利得  $G_1$  乃至  $G_2$  と比較し、差分  $\Delta G_1$  乃至  $\Delta G_2$  を求め  
 る。

$$\begin{aligned}\Delta G_1 &= |G_f - G_1| \\ \Delta G_i &= |P_f - G_i| \\ &\vdots \\ \Delta G_m &= |P_f - G_m|\end{aligned}$$

スチラツクとして、 $\Delta G_1$ 乃至 $\Delta G_3$ より各励起光が与へてくる  
フロツクに及ぼす平均利得係数 $A(\nu_1)$ 乃至 $A(\nu_3)$ を用いて励起  
光源フロツクの $\lambda(\nu_1)$ 乃至 $\lambda(\nu_3)$ のパワーレベル $\rho(\nu_1)$ 乃至 $\rho(\nu_3)$   
の制御量 $\Delta \rho(\nu_1)$ 至 $\Delta \rho(\nu_3)$ を求める。

$$\Delta G_1 \approx \Delta G_2 \approx \Delta G_3, \quad \text{[式17]}$$

ステップ6として:制御処理を終了する

以上のように励起光制御部8は励起光源9の光を制御する。第2の実施例においても第1の実施例同様に、励起光源9の光とモニタ9の光は任意の波長に調整される。

ることができる。即ち、 $\overline{m}$  起光顕プロックを  $m$ 個とし、モニタプロックの数を  $n$ 個とした場合は、式10乃至式13を式14乃至式18と書き換えることができる。

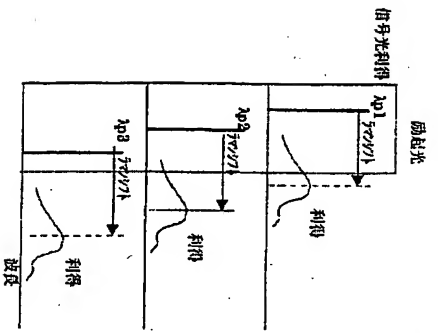
【式14】

これらの式に対応させて、励起光波長380nmを操作すれば良い。第2の実施構成でも第1の実施構成と同様に励起光波長380nmとモニタ波長380nm数は任意に構成できるが、モニタ波長380nmの数は波長多重化に多重されている信号光チャネル数以下にし、励起光波長380nmは数に

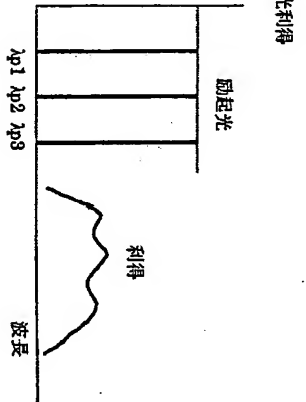




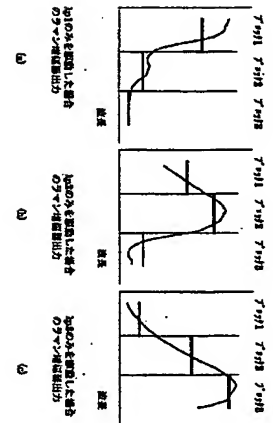
【図1】



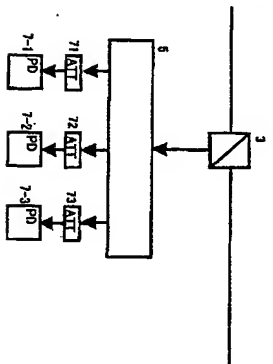
【図2】



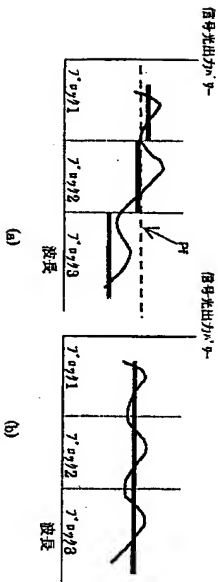
【図4】



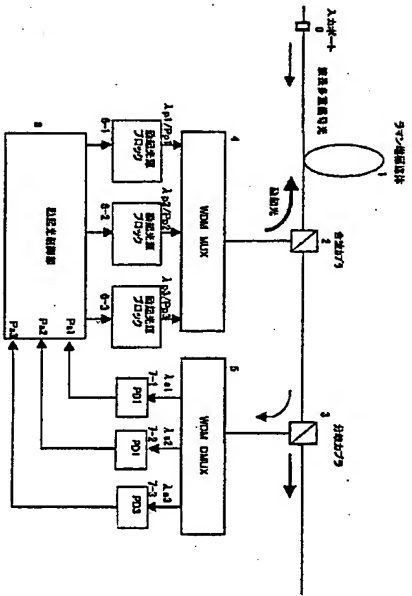
【図11】



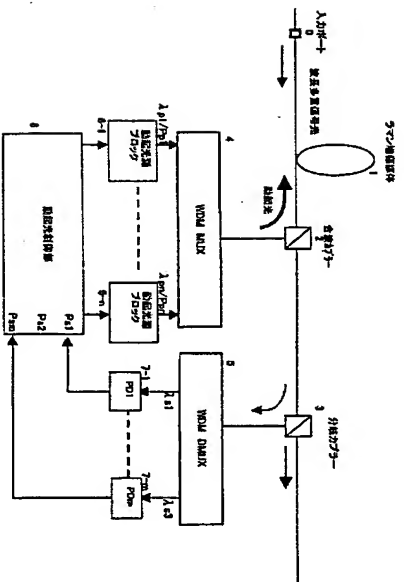
【図6】



【図3】

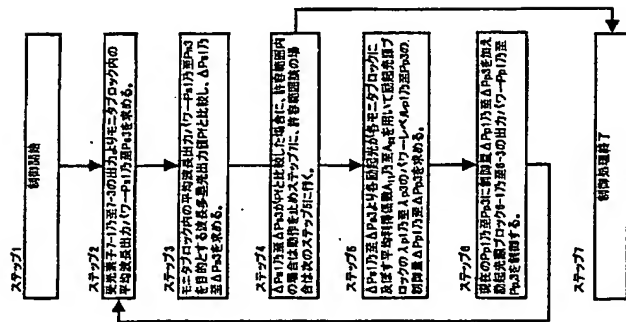


【図8】

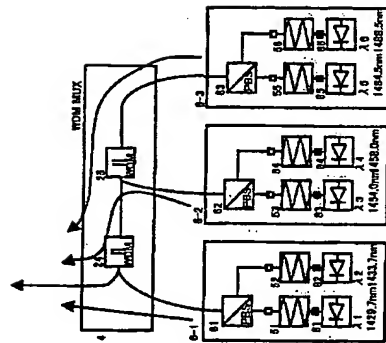




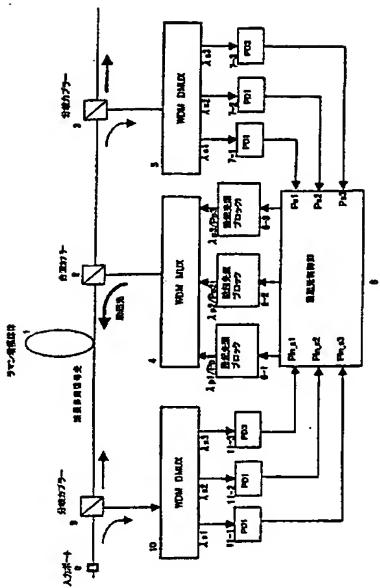
【図7】



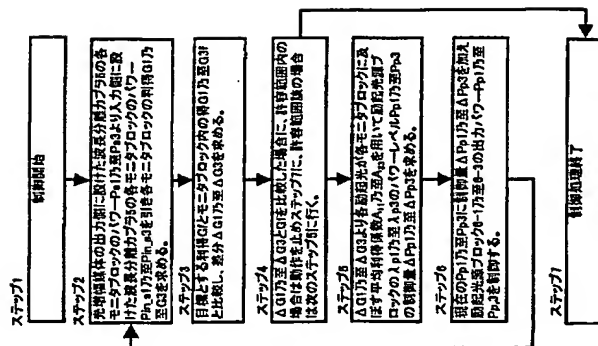
【図10】



【図12】

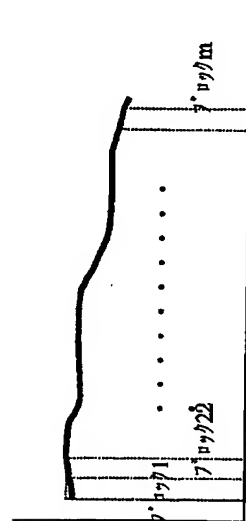


【図13】



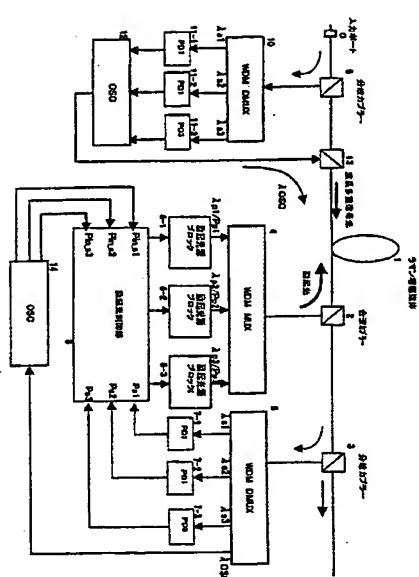
【図9】

信号光出力パワー

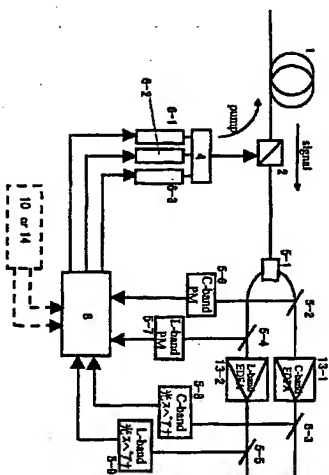


波長

【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 菅谷 靖  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 尾中 英紀  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 2K002 AA02 AB30 BA01 DA10 EA07  
 EB15 HA24  
 SF072 AB09 HH02 HH03 JJ05 QQ05  
 QQ07 YY17  
 SK002 BA04 BA05 BA13 CA09 CA10  
 CA13 DA02 FA01